

전력자동화용 통신프로토콜 현황 및 분석

김명수\*, 임용훈, 현덕화, 김충환  
한국전력공사

The Survey for Communication Protocols adopted by Automation Systems  
In Electric Power Companies

Myongsoo Kim\*, Yonghun Lim, Duckhwa Hyun, Chunghwan Kim  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - Over the past 2~3 years power utilities have shown a marked change in attitude by an ever increasing interest in using relay communication features. As yet there is no accepted international standard for communication protocol in automation systems. Recent work within the UCA work group has resulted in the proposal, UCA 2.0, as the informative interface for automation systems. This proposed standard embodies the generic principles developed and used within generic protocol. This paper describes and analyzes various communication protocols for automation systems in electric power companies.

1. 서 론

한전의 전력설비 자동화시스템은 급전종합자동화시스템(EMS: Energy Management System), 변전소 원방감시제어시스템(SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition), 배전자동화시스템(DAS: Distribution Automation System)의 3계층 구조로 구분할 수 있으며, 계층별 분산처리를 통한 데이터의 수집 및 원격제어를 수행하고 있다.

EMS 시스템은 345KV 변전소 및 발전소의 유/무효 전력, 전압, TAP 위치 등에 관한 아날로그(Analog) 데이터와 디지털(Digital) 신호인 차단기의 상태에 대한 데이터 수집 및 원격제어를 통한 경제급전, 자동발전제어, 수요예측 및 급전계획, 적정 전력예비율 유지, 간전전력 계통운용 등의 기능을 수행하고 있으며, SCADA 시스템은 154KV 변전소 등 송변전 계통설비의 정보를 수집 처리하고 감시, 제어하는 시스템으로 지선전력 계통운용, 송변전설비 운용, 관내 휴전계획 및 사고복구 등의 기능을 수행하고 있다. 그리고, 배전자동화시스템은 배전선로의 운전상태 감시 및 설비의 운전 조작을 원방에서 감시, 제어하는 시스템이다.

이외에 수용가 전력량계의 전력사용량을 원격에서 검침하는 원격검침(Automated Meter Reading) 및 냉난방 부하를 중앙에서 일괄 제어하는 부하제어(Load Control) 등의 기능을 갖는 시스템은 갖추고 있다.

국내 전력계통은 발전-송전-변전-배전등의 계통이 서로 유기적으로 연결되어있고 상위계통에 의한 조작정보는 하위계통에 중요한 영향을 초래한다. 그러므로 각 계통간의 정보에 대한 연계는 반드시 필요하며 현재 EMS-SCADA 간은 연계되어있다. EMS와 SCADA의 통신프로토콜은 DNP 3.0을 채택하여 개발 설치중에 있으며, 이의 연계도 DNP 3.0으로 진행될 예정이다. 그러나, 통신프로토콜을 선정함에 있어서 설계 절차가 없어, 구현시 서로 다른 시스템으로 구현하여 운용중에 있다.

외국의 경우, UCA2.0, Modbus, DNP3.0, IEC870-5 등 다양한 자동화통신프로토콜을 사용중에 있으며, 현재의 추세로는 UCA2.0으로 통합하는 추세에 있

다. 본 논문에서는 한전의 전력자동화시스템별 통신프로토콜 현황 및 현재 전 세계적인 전력자동화용 통신프로토콜 분석을 수행하였다.

2. 한전 전력자동화시스템의 계층별 프로토콜 현황

전력자동화 시스템에는 데이터의 취득 및 교환을 위하여 다양한 통신프로토콜을 사용 중에 있다. 그림 1에 한전에서 사용중인 프로토콜을 나타내었다.

EMS 시스템과 지역급전소 시스템과는 HDLC 및 국제표준 프로토콜인 ICCP가 적용되어 사용중에 있다. 또한, SCADA와 기타 시스템간의 연계는 기존에는 연계가 되어있지 않았지만, PIS 프로토콜을 통하여 123 시스템, SOMAS(변전소운전실적 관리시스템), 배전자동화시스템등과 연계하고 있다. 지역급전소와 급전분소간은 현재 Harris 및 HDLC 프로토콜로 연계되어있지만, HDLC는 TCP/IP로 Harris 프로토콜은 DNP 로 변경되고 있다.

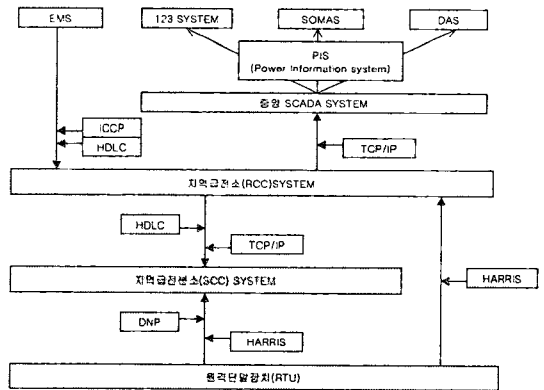


그림 1 전력자동화시스템의 계층별 프로토콜

ICCP는 모든 계층의 표준프로토콜과 OSI의 7계층의 하위계층들을 최대한 활용하고 있다. ICCP에 의한 프로토콜 Stack은 최상위의 Control center application인 표준 UCA2.0을 사용하고 있다. ICCP는 7계층의 ICCP에 필요한 Messaging Service에 대해 MMS (Manufacturing Messaging Specification)를 사용하도록 명시하고 있다.

ICCP와 MMS는 각기 다른 Vendor에 의해 개발되었지만 ICCP에 API(Application Program Interface)를 적용함으로써 데이터분배, 장치제어, 정보 Message의 출력 또는 원격프로그램의 정의와 실행을 상호운용할 수 있다.

또한, ICCP는 7계층의 ACSE(Application Control Service Element)의 서비스를 이용함으로써 네트워크 간의 논리적인 결합과 연결을 유지하고 만들 수 있다.

ICCP는 ISO 6계층과 5계층에 의존하고 있다.

본 장에서는 통신프로토콜의 간략한 소개만 하였다. 전력자동화시스템에 사용되는 프로토콜은 다양하고, 개선된 방향으로 발전하고 있다. 각각은 각 시스템에 적합한 통신프로토콜이며 이들이 조화를 이루어 전력자동화시스템이 유기적으로 작동할 수 있는 것이다.

### 3. 프로토콜 기본사항

#### 3.1 자동화시스템용 통신프로토콜

자동화시스템(감시제어시스템)의 통신프로토콜은 일반 데이터 통신용 프로토콜과는 몇가지 차이점이 있다. 일반 데이터 통신 네트워크에서는 하나의 네트워크와 다른 네트워크간의 연결을 위하여 경로설정(routing) 등을 중요시한다. 그러나, 감시제어시스템의 경우, 통신망 자체가 하나의 큰 네트워크를 구성하는 것은 아니며, 라우팅은 필요하지 않다.

또한, 시스템 특성상, 점대점(point-to-point) 방식의 통신방식이 일반적이다. 감시제어시스템에서 중점을 두고 있는것은 높은 데이터 무결성과 데이터 일치성, 빠른 응답시간이다. 또한, 자동화시스템의 통신환경은 잡음이 심한 환경, 느린 통신네트워크 환경에 있기 때문에 이를 고려한 설계가 필요하다.

자동화 시스템은 빠른 반응시간을 요구하므로 일반적인 데이터통신에서 사용하는 OSI 7 계층을 전부 다 사용하는 것이 아니라, 보통 Physical, Data Link, Application Layer로 구성하여 사용한다. 일반적인 자동화시스템은 지역적인 시스템이므로 네트워크에 해당하는 부분이 빠져있는 상태이다. 또한, 자동화시스템의 대부분은 현장기기의 원격감시 및 제어에 응용되고 있으므로 일반적인 데이터 통신기보다 잡음이 심한 환경에 노출되어 있다[1].

#### 3.2 자동화시스템에서 본 OSI 7 Layer

배전자동화시스템 등의 경우, 통신망 자체가 하나의 큰 네트워크를 구성하는 것은 아니며, 라우팅 및 end-to-end 에러제어 등은 필요하지 않다. 그래서, 7계층 구조를 3계층 구조로 단순화시킨 EPA(Enhanced Performance Architecture) 모델이 제시되었다. 이를 그림 2에 도시하였다.

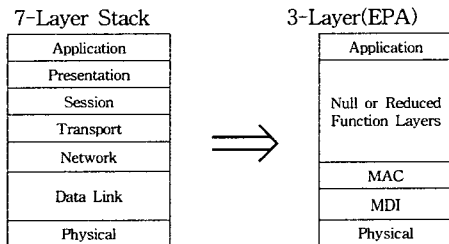


그림 2. 3계층으로의 단순화

이러한 모델로 전환되면서, 자동화시스템에서 요구하는 데이터 무결성 및 일치성, 특히, 짧은 전송시간 등을 만족하기 위하여 프로토콜 구현에 좀더 쉽게 접근할 수 있다.

이 모델에서는 통신매체의 정의와 프레임 포맷 및 데이터 전송방식 등의 단순하고 기초적인 정의만 해주면 된다. Data Link 와 Physical 계층은 Point-to-Point link-oriented 이고 Session, Transport, Network 계층은 End-to-End Connection Oriented 개념이 들어간다. IEC 에서는 EPA 모델에 일치하는 표준안을 발표하였으며, DNP3.0은 Data Link 계층과 Application 계층사이에 Pseudo Transport 계층을 두어 응용시스템을 폭넓게 지원 가능하게 하였다. UCA2.0은 각각 7-layer 와 3-layer의 두 종류의 프로토콜을 제시하여 선택의 폭을 넓게 하여주었다[2][3].

### 4. 자동화 프로토콜 비교

#### 4.1 DNP 3.0

하나의 업체(해리스)가 많은 경험에 의해 팀을 만들어 개발하고, 나중에 많은 업체들이 참여하여 완성시킨 산업표준 프로토콜이다. 마치 네트워크시장의 TCP/IP처럼 프로토콜을 초창기부터 개발하고 간단하게 작성하여 시장에 급속도로 퍼지게 되었다.

DNP는 IEC 870-5를 기초로 하여 Harris사에서 개발, 상용화한 프로토콜이다. 프레임 유형은 IEC 870-1에 명시된 FT3을 모델로 하였는데, Start 부와 Control 사이의 Length부를 더 삼입하여 변형시켰다. IEC에서 정의한 FT3(FT3는 다른 프레임 포맷에 비해 신뢰성이 가장 높다)는 동기방식의 프레임 포맷이었는데, DNP는 비동기방식의 통신에서 사용하고 있다. DNP의 특징은 멀티트립 네트워크를 위하여 Collision Avoidance(충돌 회피)방식을 사용하며, IEC와는 달리 가변프레임만 사용한다. 또한, Application Layer와 Data link Layer 사이에 Pseudo Transport layer를 두어서, 작은 데이터 프레임(255byte)에 큰 메시지를 분할·전송할 수 있도록 하였다. 그러므로, DNP를 사용하여 간단한 검침이나 자동화 데이터 외에 다양한 응용프로그램을 실행할 수도 있도록 설계되었다[4].

DNP 3.0의 특징으로는 현재 전 세계적으로 사용되고 있으며 산업표준으로 사용되고 있다. 기술 개발 및 문의를 위해 DNP Users Group이 운용되고 있으며, DNP over WAN/LAN 구현을 위한 규격을 발표하였다.

DNP 3.0은 사용자 그룹이 지속적으로 증가되고, 사용되는 분야 및 시스템이 점점 많아진다는 강점이 있으며, 구현을 위한 정의가 상세히 잘 되어있고 User Group에서 기술적인 지원이 잘되고 있다.

그러나, 주기적 보고 기능이 없어서, 폴링이나 이벤트 등을 발생시켜야 통신이 가능한 약점이 있다. 또한, 상호 응용서비스간 호환성이 떨어지며, 보안성이 취약하다. 현재 보안성에 대해서는 대책을 구상 중에 있다.

그림 3에 DNP3.0 프로토콜 스택을 도시하였다.

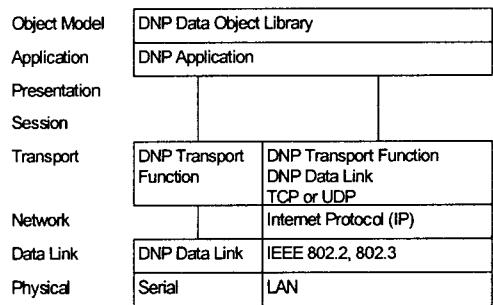


그림 3 DNP 3.0 프로토콜 스택

#### 4.2 UCA 2.0

UCA는 네트워크 경험을 통하여 자문 협의회에서 먼저 발의하였고 나중에 공익사업체(EPRI)에서 참여하여 프로젝트를 진행하였다. UCA는 표준화에 입각해 프로토콜을 작성하여 이해 및 구현이 복잡하지만, 상호호환성 및 객체모델링에 장점을 지니고, 2001년 미국을 중심으로 다양한 실증시험을 진행, 현재 국제 표준화를 추진 중에 있다.

UCA 2.0의 특징으로는 7계층 및 3계층 모델을 가지고 있다는 것과 프로토콜 내에 ICCP를 포함하고 있다는 것이다. 시스템 특성에 따라 7계층 또는 3계층의 모델을 적용 가능하다. 또한, 객체 모델링화를 통해 유지 보수 및 수정이 용이 할 뿐만 아니라, 상호 응용서비스간 호환성이 좋다는 것이 장점이다. 최근 IEC TC 57

그물에 표준화를 의뢰한 상태이고, IEC 61850의 규격 작성에 많이 반영되고 있는 상황이다. UCA 2.0의 규격 관리 및 개발 등은 UCA Working Group에서 주관하고 있다.

UCA 2.0은 기기 기반 객체 모델링, 기능성 용어(Self-Description)를 사용하여 구현이 용이하지만, 대량의 객체에 대한 이해가 수반되어야 한다. 또한, 보안성이 좋고(Access Security), LAN/WAN solution을 가지고 있다[5]

그러나, 대부분의 자동화시스템에 대한 객체를 정의하고 지원하므로 프로그램이 매우 커지게 되며, 개발자에게 부담을 주게 된다. 또한, 프로그램과 성능이 좋아지면서 해당되는 하드웨어의 사양도 고급사양을 요구하게 된다. 그림 4에 UCA2.0 프로토콜 스택을 도시하였다.

Object Model	Generic Object Model for Substation & Feeder Equipment			
Application	MMS/ACSE /Common Application Services Model			
Presentation	Full ISO CO, CL or Fastbyte			
Session	Full ISO CO, CL or Fastbyte			
Transport	COTP 4	CLTP	RFC 1006 TCP	RFC1070 UDP
Network	CLNP		IP	
Data Link	IEEE 802.2			
	ADLC	IEEE 802.x		
Physical	Serial	LAN/WAN		

그림 4 UCA 2.0 프로토콜 스택

현재 시장점유율은 DNP가 앞서고 있지만, 전력시장에서 기기의 디지털화 및 지능형 기기의 개발에 따라 이를 수용할 수 있는 UCA 쪽에 표준화 무게가 더 실리고 있는 실정이다. 표 1에 UCA와 DNP를 비교하였다.

표 1 UCA와 DNP 비교

	UCA	DNP
다수 응용 지원	기능(어플리케이션의 집합)	불가능(단일 어플리케이션)
응용분야	다양한 자동화에 응용	SCADA에 기초
통신속도 요구사항	≥ 1800bps	속도요구사항 없음
Addressing	Physical and Logical	Physical
Data Access by Name	가능	불가능
Object Models	Device Models	Point List Model
시장점유율	5%	35%
Working Group	2001년 설립	활발함

### 4.3 현황 분석

전력자동화시스템은 변전소자동화시스템, 배전자동화시스템, 발전소자동화시스템등 다양한 시스템을 의미하며, 변전소와 변전소, 발전소와 발전소등을 연결하는 광범위한 자동화시스템을 나타내기도 한다.

자동화시스템을 구성할 때, 장치간의 정확한 데이터의 전달을 위해 통신프로토콜이 필요하며, 전세계적으로 다양한 자동화 프로토콜이 사용되고 있다. 자동화 프로토콜을 선택할 때는 시스템의 응용분야와 설치시 소요되는 기간, 표준화여부 등을 잘 따져봐야 하는데, 엔지니어의 입장에서는 매우 어려운 작업임에 틀림없다.

가장 간단한 시스템은 SCADA 시스템으로써 IED(Intelligent Electronic Device)와의 통신을 위한 프로토콜이 사용되는데, 현재 북미에서 DNP3.0, Modbus, Modbus Plus, 유럽에서 IEC 870-5-101, 103, 104 등이 사용되고 있다. 향후 고려대상은 UCA2.0/MMS with GOMSF(IEC 61850) 이고,

최근 UCA2.0 에 대한 표준화가 활발히 진행되고 있다. Utility와 Utility 간의 통신프로토콜로는 ICCP(IEC 870-6 또는 TASE.2) 등도 있다.

또한, Network 기술은 현재까지 RS-232, RS-485 등이 많이 사용되었지만, 향후 Ethernet 기반의 Network 기술을 도입하려는 것이 지배적이다.

제작사들은 단일세계, 단일 기술, 단일표준과 쉬우면서도 신속한 통합을 원하고 있고, 전력시장 자유화 시대를 맞아, 각 Utility 회사간의 통신을 위해 1997년 ICCP 가 발표되고 다양한 프로토콜을 MMS를 이용하여 가상 매핑하는 기법으로 IEC61850 이 표준화되어가고 있다. 현재는 객체 모델링과 최신의 네트워크를 수용가능한 가 여부가 전력자동화통신프로토콜의 척도가 되고 있다. 또한 기능성용어를 사용하여 구현의 편리성과 이해성도 많은 부분 중요성을 지니고 있다. 현재 추세는 DNP3.0을 기점으로 ICCP, IEC61850으로 진화되고 있으며 IEC61850은 UCA의 규격을 상당부분 수용할 전망이다. 전력자동화기기의 지능화, 디지털화, 고성능화에 따라 이에 어울리는 프로토콜인 UCA 등으로 표준화될 전망이다. 그림 4에 자동화프로토콜 발전방향을 나타내었다.

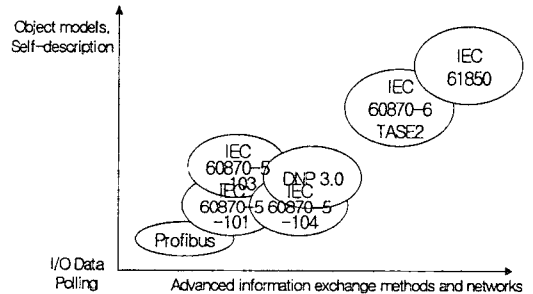


그림 4 자동화 프로토콜 발전 방향

## 5. 결 론

현재 자동화용 통신프로토콜은 사용되는 다양한 프로토콜(DNP, IEC870 등)을 하나의 통신프로토콜로 단일 표준화하려는 추세이고, 기존의 사용되는 통신프로토콜은 그대로 두고, 향후 표준화 통신프로토콜(UCA, IEC61850)로 통합하려는 움직임이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Terry Devaney, "Successful Communication Techniques for Distribution Systems", DA/DSM '95 Asia, 1995
- [2] A. J. Dick, "Review of Communications Standards for Distribution Automation Applications", Half day colloquium on Methods of Substations Automation, Digest No. 1996/163, may, 1996.
- [3] R. Ball, K. Hill, "A Generic Communications Language Four years of experience", Proceedings of 6th international Conference on Developments in Power System Protection, Publication no. 434, pp. 304-307, March, 1997.
- [4] DNP User Group, "DNP V3.00 Documentation", DNP Product Documentation, 1995.
- [5] MMS Forum, "UCA Version 2.0", UCA V2.0 Documentation, 1996.
- [6] Seminar Communication Protocols for the Electricity Industry to Support Liberalization of the European Market, 2001.11.